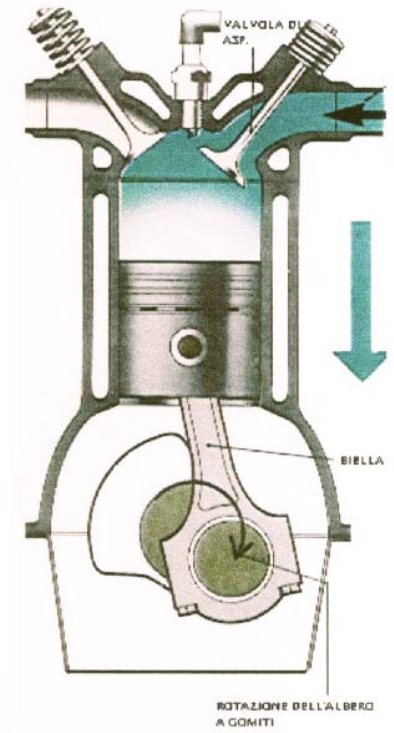
FUNZIONAMENTO DEL MOTORE A.S. A 4 TEMPI

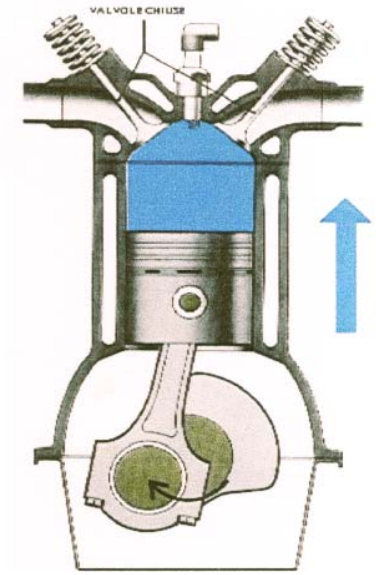
Il motore è costituito essenzialmente da uno stantuffo che scorre in un cilindro spinto periodicamente dalla pressione dei gas di combustione compressi tra il cilindro e lo stantuffo stesso. Detto anche motore a quattro tempi perché l'intero ciclo si compie in quattro fasi corrispondenti ad una rotazione di 720° dell'albero motore (2 giri, quattro corse dello stantuffo).
Sequenza delle fasi:

- FASE DI ASPIRAZIONE



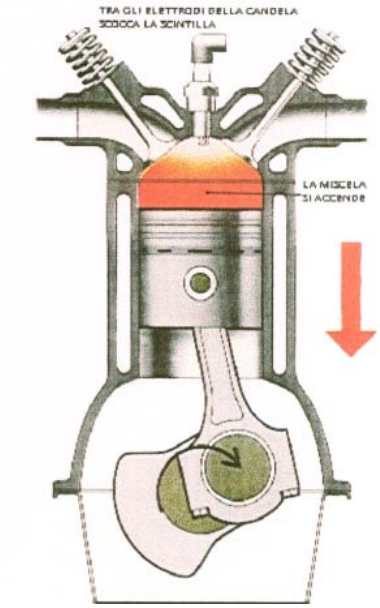
Durante questa fase la miscela preformata di aria e carburante è aspirata, attraverso l'apposita valvola, dal pistone in moto verso il PMI (punto morto inferiore). Giunto lo stantuffo al PMI termina la corsa di aspirazione, si chiude la valvola omonima ed ha inizio la seconda fase:

- FASE DI COMPRESSIONE



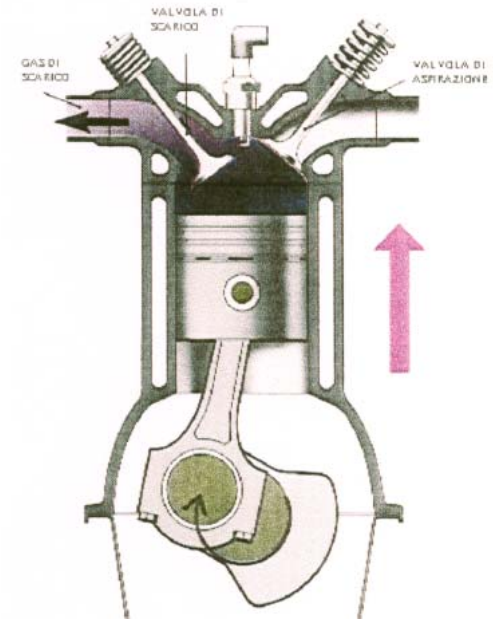
Si effettua la compressione della miscela aspirata nella camera di compressione per mezzo dello spostamento del pistone dal PMI al PMS (punto morto superiore). Giunto il pistone al PMS, fra gli elettrodi della candela scocca la scintilla ad A.T. che provoca la combustione della miscela compressa; ha quindi inizio la terza fase:

• FASE DI ESPANSIONE



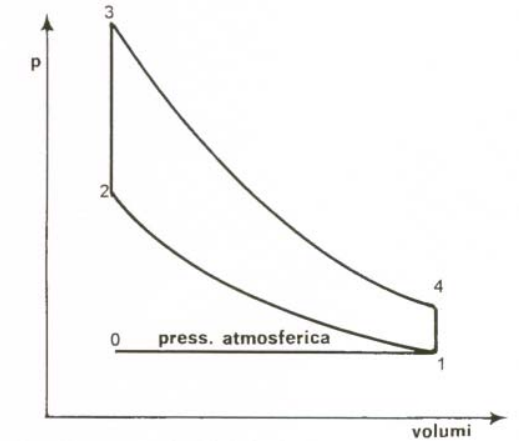
Si verifica l'espansione dei gas di combustione che ha per effetto la spinta del pistone verso il PMI, ed è in questa fase che si raccoglie il lavoro utile. Quando il pistone ha raggiunto il PMI inizia la quarta fase:

• FASE DI SCARICO



Vengono scaricati i gas combusti attraverso la valvola di scarico.
Essi vengono espulsi dal cilindro all'atmosfera per effetto delta spinta dello stantuffo risalente al PMS, raggiunto il quale si chiude la valvola di scarico, si apre quella di aspirazione ed ha inizio un nuovo ciclo.

Esaminiamo adesso il ciclo teorico che caratterizza il principio di funzionamento di un motore a carburazione a quattro tempi: esso non a un ciclo termodinamico, in quanto sull'asse delle ascisse non figurano i volumi specifici del fluido operante che peraltro si rinnova ad ogni ciclo ma i volumi generati dallo stantuffo nel suo moto alternato entro il cilindro del motore, volumi che, per la costanza della sezione, sono proporzionali agli spostamenti dello stantuffo stesso.
Supponiamo che lo stantuffo si trovi inizialmente al punto morto superiore e sia dotato di una certa energia cinetica residuo del precedente ciclo sufficiente a fargli compiere gli spostamenti preliminari necessari per realizzare le prime fasi. Il ciclo teorico si completa in quattro corse dello stantuffo, e precisamente:



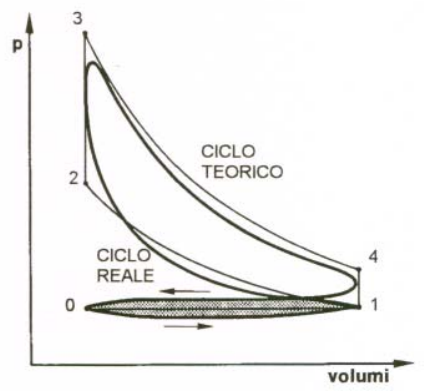
• Durante la prima corsa **(0-1),** lo stantuffo muovendosi verso il basso, aspira la miscela attraverso la valvola di aspirazione, mentre è chiusa quella di scarico; **si suppone che tale aspirazione avvenga a pressione costante** (atmosferica).

• Nella corsa di ritorno **(1-2),** si chiudono ambedue le valvole **e la miscela viene compressa adiabaticamente** acquistando pressione e temperatura; al termine della corsa avviene la combustione della miscela **(2-3)**, assimilabile **ad una trasformazione a volume costante,** in virtù della rapidità con cui si sviluppa.
La pressione si innalza fortemente ed i gas combusti esercitano una forte spinta sullo stantuffo.

- Nella terza corsa **(3-4),** permangono chiuse le valvole e lo stantuffo si muove per effetto della spinta esercitata dal prodotti della combustione **che si espandono entro il cilindro in una trasformazione adiabatica;** al termine della corsa, si apre istantaneamente la valvola di scarico a la pressione subisce una improvvisa diminuzione per la fuoriuscita di una parte dei gas combusti **(4 -1)**

- Nella quarta corsa infine **(1-0),** si ottiene la completa espulsione dei prodotti residui attraverso la valvola di scarico che rimane aperta per tutta **questa fase che si suppone avvenga anch'essa a pressione atmosferica.**

Il ciclo teorico è così concluso ed il cilindro e pronto per ricevere altra miscela.
Il ciclo termico reale, quale potrebbe essere direttamente rilevato da un indicatore installato sul cilindro non coincide con quello teorico che abbiamo descritto, per il quale avevamo introdotto diverse ipotesi semplificative.
In realtà si manifestano le seguenti discordanze:



• la fase di aspirazione non avviene alla pressione atmosferica, ma ad una pressione leggermente inferiore, essendo conseguente alla depressione

• analogamente, la fase di scarico avviene ad una pressione lievemente superiore a quella atmosferica poiché i gas combusti sono spinti verso 1'esterno dall'azione premente dello stantuffo.
Ne consegue che le due trasformazioni non risultano coincidenti ma distinte e costituiscono, nel loro

insieme, un piccolo ciclo termico percorso in senso antiorario, con assorbimento di lavoro all'esterno; **tale lavoro deve essere detratto da quello utile prodotto dal motore.**

- la fase di espansione e quella di compressione che avevamo supposto adiabatiche sono in realtà delle politropiche, ad esponente tanto minore quanto più grande a la cessione di calore all'esterno durante il loro svolgimento. E bene far presente che oltre all'impossibilità di realizzare l'adiabatica, la sottrazione di calore viene volutamente accresciuta con i dispositivi di refrigerazione per mantenere la temperatura del motore entro limiti tollerabili.

- la fase di combustione non è istantanea, ma richiede per il suo svolgimento un intervallo di tempo, seppur brevissimo, poiché iniziatasi nelle immediate vicinanze dell'organo infiammatore, si propaga ad alta velocità fino al punti più lontani della camera di combustione; la relativa trasformazione avviene perciò a volume crescente conseguendo un minor incremento sia di pressione che di temperatura.

- oltre a quanto esposto, occorre tener presente l'effetto dello strozzamento subito dal fluido nell'attraversamento delle valvole e l'inerzia di queste all'apertura ed alla chiusura; il ciclo indicato (reale) assume in definitiva l'aspetto della figura illustrata a pagina precedente, e produce un lavoro minore di quello previsto dal ciclo teorico.

In realtà come già detto, la durata delle fasi di apertura delle valvole è maggiore di quanto previsto dal ciclo teorico, in considerazione degli effetti prodotti dall'inerzia al moto opposta dal fluido nell'istante dell'apertura a della chiusura; più precisamente:

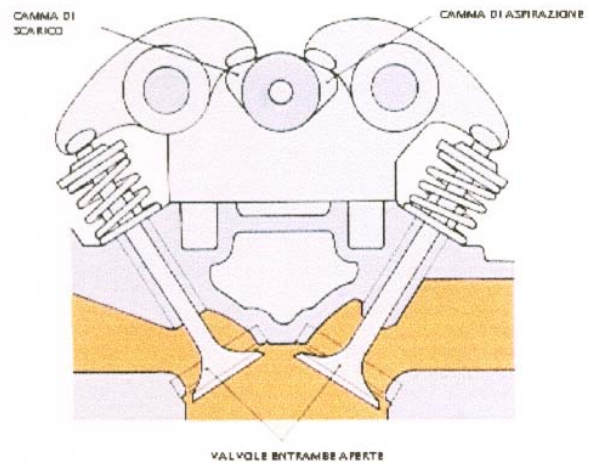
- **La valvola di aspirazione si apre prima che lo stantuffo abbia raggiunto il p.m.s.;** riferendo l'anticipo di apertura agli angoli descritti dalla manovella principale, esso viene mediamente tenuto intorno al 20°=25° fino a 30°=35° nei motori spinti.

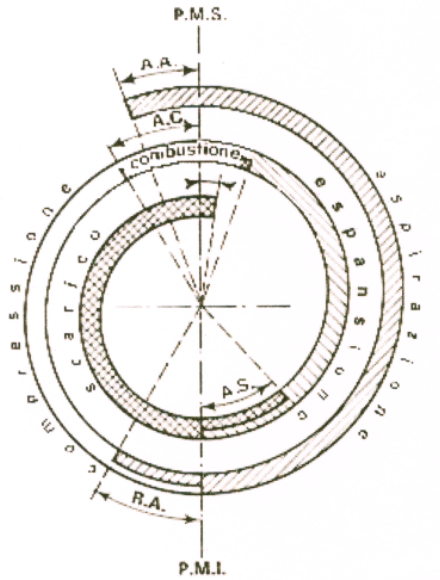
- **La stessa valvola non si chiude nell'istante in cui lo stantuffo giunge al p.m.i., ma con un certo ritardo per sfruttare** l'inerzia posseduta dalla miscela entrante ed ottenere così un riempimento più completo del cilindro a vantaggio della potenza erogata. Il ritardo alla chiusura varia fra 20° a 40° (nei motori veloci 50°=60°) di rotazione della manovella principale

- Per dar tempo sufficiente ai gas combusti di effluire all'esterno, in modo che la nuova miscela risulti più pura possibile, è conveniente **anticipare anche l'apertura della valvola di scarico;** tale anticipo si può ritenere pari a 40°=60° di rotazione della manovella, tanto maggiore quanto più elevata a la velocità di rotazione.

- **É bene ritardare anche la chiusura della valvola di scarico per sfruttare** l'inerzia dei gas combusti; il ritardo alla chiusura di questa valvola è in genere inferiore all'anticipo all'apertura previsto per quella di aspirazione; mediamente si può ritenere che esso oscilli fra 15° a 30°.

Il complesso di anticipi e ritardi altera sensibilmente la durata delle fasi del motore che, nel caso teorico, dovrebbero avvenire ciascuna in una corsa dello stantuffo; 1'effettiva estensione delle fasi viene messa in evidenza nel cosiddetto «diagramma circolare» che, per un motore a quattro tempi, comprende due giri completi dell'albero motore; da questo si rileva che per un breve arco di tempo sono aperte ambedue le valvole (aspirazione e scarico) il che, se da un punto di vista consente un miglior rendimento volumetrico, da un altro comporta una leggera perdita di miscela che effluisce direttamente allo scarico insieme ai gas combusti.





PARTI PRINCIPALI DEL MOTORE A SCOPPIO A QUATTRO TEMPI

Costituente essenziale del motore alternativo, sostiene, mediante i supporti di banco, l'albero motore. In costruzioni terrestri, in esso può essere incorporato il gruppo dei cilindri, con il quale forma un'unica fusione denominata monoblocco al quale vengono successivamente applicati i principali organi meccanici del motore.

La struttura a monoblocco può essere ottenuta per fusione in ghisa o lega leggera.

In un motore così concepito i cilindri possono essere ricavati direttamente nella fusione (motore con cilindri a canne integrali) oppure montati in seguito nel monoblocco (motore con cilindri a canne riportate).

Nel primo caso il materiale utilizzato per la fusione è ghisa al fosforo-manganese, in grado di assicurare un'elevata resistenza all'usura del cilindro causata dalla componente radiale dovuta all'obliquità della biella.

Nel secondo caso il basamento viene ottenuto in lega leggera (electron) al fine di migliorare il rapporto peso-potenza del propulsore.

Il basamento deve offrire caratteristiche di elevata rigidità, resistenza meccanica, ermeticità e compatibilmente con queste, leggerezza.

Il sistema monoblocco è in grado di assicurare una buona rigidità del componente ed offre i1 vantaggio di poter realizzare la perfetta perpendicolarità fra l'asse motore e l'asse dei cilindri, pur presentando un peso maggiore.

In ogni caso nella fusione del basamento possono essere previste nervature di rinforzo per una migliore rigidità e resistenza alle sollecitazioni.

Sui supporti di banco, con l'interposizione di cuscinetti (bronzine, a sfere, a rulli) ruota l'albero motore.

Nelle costruzioni più diffuse il cuscinetto di banco è costituito da una bronzina lamellare a due strati in metallo antifrizione, divisa diametralmente in due parti (superiore ed inferiore) per consentire il montaggio dell'albero motore se quest'ultimo è fuso o stampato in un pezzo unico.

Nel caso invece che l'albero sia scomponibile nelle sue varie parti oppure disponga di soli due perni di banco alle estremità (motori tuono e bicilindrici), è possibile l'adozione di cuscinetti a sfere o a rulli che hanno il vantaggio di semplificare la lubrificazione del complesso.

Nell'eventualità dell'adozione della bronzina (cuscinetti a strisciamento), la sede per il montaggio dei due gusci di cui è costituita viene ricavata, per il monoblocco, nella stessa fusione nella quale è riportata la metà superiore del supporto, mentre la successiva, nell'altra metà inferiore) vincolata con prigionieri allo stesso basamento oppure nei semicarter che lo compongono) uniti a loro volta con prigionieri.

Superiormente o lateralmente il basamento può presentare l'alloggiamento per l'albero a camme (distribuzione aste e bilancieri distribuzione a valvole laterali) l'alloggiamento di altri organi essenziali, quali l'equipaggio mobile, sedi e guide delle valvole se laterali, albero dello spinterogeno, pompa del lubrificante, pompa d'alimentazione, ecc..

In esso vengono ricavate le canalizzazioni di adduzione del lubrificante all'albero motore (perni di banco), in alcuni casi, all'albero di oscillazione dei bilancieri ed agli ingranaggi di comando della distribuzione. Se il motore è

raffreddato a liquido, nel basamento vengono ricavate le intercapedini (costr. Monoblocco) per 1a circolazione del refrigerante attorno ai cilindri.
All'esterno sono applicati componenti ausiliari al funzionamento quali: sistemi di accensione, motori d'avviamento, generatori, filtri dell'olio, pompe d'alimentazione, ecc...
Alla parete inferiore del basamento viene montata la coppa o carter, destinata a contenere il lubrificante.
Realizzata in acciaio stampato o lega leggera, esercita una notevole influenza per la sua forma e grandezza sulla temperatura del lubrificante; infatti quest'ultimo cede il calore assorbito al metallo della coppa che a sua volta si raffredda per irraggiamento verso l'esterno. Per questo motivo è opportuno adottare coppe in lega leggera eventualmente alettate, poiché l'Al. presenta una conduttività termica di cc. (180 cal.h.m.c.) maggiore dell'acciaio e ad esempio dell'acqua (10-15 cal.h.m.c.).
L'unione tra basamento e coppa può essere realizzata con l'interposizione di una guarnizione, o rettificando le due superfici a contatto.
Nella coppa trovano posto: la pompa del lubrificante nei motori terrestri, l'astina del livello ed eventualmente una valvola regolatrice della pressione di mandata.
Nei motori aeronautici la coppa prende il nome di carter ed in essi la lubrificazione avviene con il sistema a carter secco o umido. Per questo motivo nel carter si trovano i pozzetti di aspirazione o addirittura la pompa di recupero e in questo caso è necessario che il fondo sia sagomato con un'inclinazione superiore alla max di volo normale.
In motori piccoli la pendenza è unica verso un estremo dove può essere collocata una pompa.
In motori più lunghi si preferisce collocare il pozzetto di aspirazione verso la metà, ciò consente di ridurre la profondità del carter; in motori ancora più lunghi i pozzetti sono più d'uno e l'olio viene condotto alla pompa di recupero da un condotto dì aspirazione.
Per compiere la sua funzione di contenimento, la coppa deve essere chiusa, ma non ermeticamente per poter espellere i gas sfuggiti attraverso i segmenti, i vapori di carburante eventualmente trafilati e quelli dell'olio stesso portato ad alta temperatura. Detti vapori possono essere raccolti e convogliati a monte del Venturi del carburatore, dal quale vengono successivamente riaspirati nei cilindri con la miscela fresca e con essa ossidati. In questo modo si realizza una lieve riduzione dei consumi e dell'inquinamento atmosferico.
In altri casi il basamento può essere provvisto di sfiatatoi chiusi da reticelle, per consentire l'uscita dei vapori ed impedire l'ingresso dì corpi estranei.
All'infuori di queste esigenze, un passaggio d'aria può essere praticato attraverso il carter in corrispondenza dei supporti di banco per la loro refrigerazione e per il preriscaldamento dell'aria di alimentazione dei carburatori.

CILINDRO

Parte essenziale dei motori alternativi, nel quale si succedono le varie fasi del ciclo Otto e Diesel. In esso scorre il pistone, è costituito da una canna cilindrica che con i segmenti del pistone realizza una perfetta tenuta dei gas compressi.
Esso ha la funzione di guida dello stantuffo che si muove tra il PMS ed il PMI. In costruzioni correnti i cilindri sono ottenuti con un'unica fusione che è parte integrante del basamento (monoblocco).
Se il cilindro è indipendente esso presenta alla base una flangia per il suo fissaggio mediante prigionieri al basamento, oppure è dotato del

bordo inferiore filettato per il suo avvitamento.
Nel caso del monoblocco il gruppo di cilindri è sovrastato da una testata che chiude superiormente i cilindri formando, in ciascuno di essi, la camera di compressione
Quando i cilindri sono separati, ciascuno di essi dispone di una propria testa indipendente. Caratteristica fondamentale del cilindro è il suo alesaggio che insieme alla corsa ed al numero dei cilindri fornisce la cilindrata totale del motore:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot c \cdot n$$

dove:

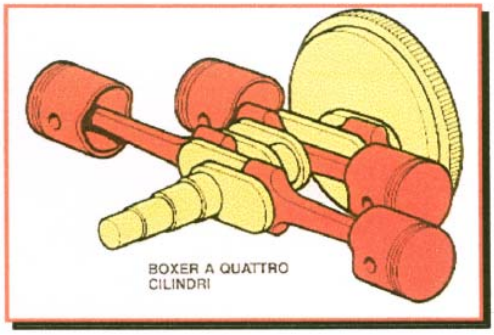
v = cilindrata totale

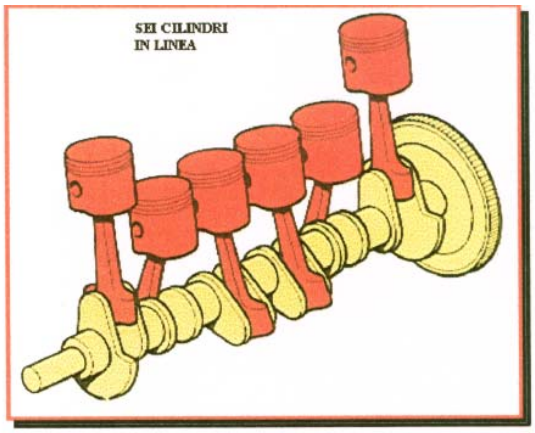
D = alesaggio

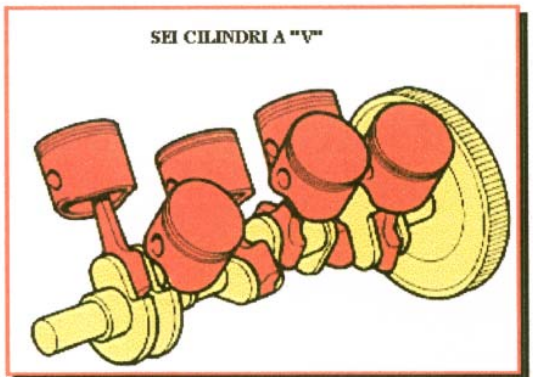
c = corsa

n = numero dei cilindri

I motori possono essere mono o pluricilindrici. In questi ultimi la coppia motrice ha un andamento meno discontinuo che nei mono. Si può affermare che la coppia motrice è tanto più elevata quanto maggiore è il numero dei cilindri ed in definitiva quanto più numerose sono le fasi attive del ciclo per ogni giro dell'albero motore (espansioni).
Per i motori a quattro cilindri la coppia motrice istantanea è quasi costantemente positiva, mentre lo è sempre nel sei o più cilindri. Le disposizioni dei cilindri vanno da quelle in linea verticali o inclinati, a quelle a V, a W, orizzontali contrapposti, a stella, ecc ...(figura sotto).







I motori a cilindri orizzontali contrapposti ed, in qualche misura, quelli con cilindri a V e W, permettono un contenimento generale dell'ingombro, l'abbassamento del baricentro, un migliore equilibramento dinamico, l'adozione di un albero motore più corto.
Nei motori raffreddati a liquido, i cilindri, se indipendenti, debbono essere provvisti di una camicia esterna, per consentire il flusso del refrigerante attorno ad essi.
Nel caso il motore sia raffreddato ad aria, si rende necessaria una grande superficie di irraggiamento a contatto con l'ambiente esterno, per questo motivo i cilindri sono muniti di alette ottenute per fusione (terrestri) o tornitura (aeronautici) ed il loro diametro è massimo in corrispondenza della camera di combustione, dove si verifica la massima temperatura e va decrescendo verso il PMI.
Lo spessore dei cilindri è condizionato dalla necessità di ottenere una fusione regolare (8-5 mm.).
I cilindri aeronautici, generalmente in acciaio dolce al carbonio, vengono ottenuti dal massello per fucinatura, a cui seguono adeguati trattamenti termici. La parete interna del cilindro viene alesata e rettificata e sono consentite sull'alesaggio tolleranze massime di 0.01 mm.. La struttura del cilindro deve consentire una dilatazione uniforme sotto la sollecitazione termica ed il suo montaggio deve essere esente di deformazioni a carico dello stesso.

MATERIALI

Ad esclusione dei cilindri aeronautici, realizzati in acciaio, la quasi totalità dei cilindri terrestri e marini, è ottenuta in ghisa che presenta una buona resistenza all'usura. Le più utilizzate sono le ghise nitrurate e al Nichel-Cromo.
Alcuni cilindri possono essere ricoperti da uno strato elettrolitico di cromo che conferisce una notevole durezza alla superficie unita ad un basso coefficiente d'attrito ed ad una migliore lubrificazione.

CAMICIE DEI CILINDRI

Se il motore è a canne integrali (monoblocco), quando i cilindri sono ormai ovalizzati dall'uso, è possibile ottenere di nuovo un funzionamento corretto del motore mediante una nuova alesatura e rettifica, ciò però comporta la sostituzione dei pistoni con altri di maggior diametro e peso ed un aumento della cilindrata.
E' possibile evitare questo inconveniente adottando cilindri da incamiciare, nei quali vengono introdotte camicie di materiali diverso da quello dei cilindri

Vengono utilizzati due sistemi:
- camicie a secco,
- camicie in umido o bagnate.

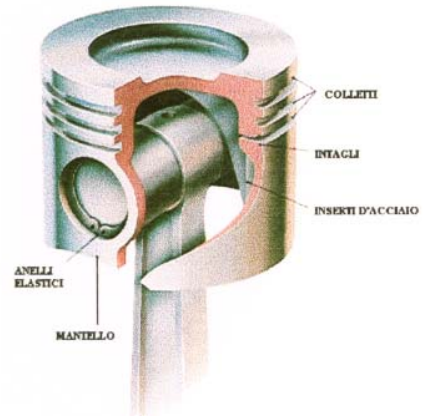
Le prime vengono montate con interferenza nel cilindro, dopo essere state raffreddate a bassissima temperatura. Il loro spessore è di circa 3 mm..
Questo sistema richiede una notevole precisione nella fabbricazione e nel montaggio dei componenti.
Il materiale può essere ghisa o acciaio nitrurato, mentre il cilindro è possibile costruirlo in lega leggera.
Nel secondo caso le camicie vengono montate nel basamento con

interposizione di guarnizioni, mentre la maggior parte della loro parete esterna rimane a diretto contatto con il fluido refrigerante ed il raffreddamento risulta per questo più efficace. Sono di recente impiego camicie sintetiche che permettono una speciale cementazione allo zolfo che ne aumenta la resistenza all'usura e ne abbassa il coefficiente d'attrito. Nel sistema a camicie in umido la difficoltà costruttiva è di assicurare una perfetta tenuta tra la testa e la base del cilindro o tra la parte superiore ed inferiore del monoblocco. Per questo motivo le superfici di contatto vengono rettificate, basta allora il normale serraggio dei prigionieri per garantire la tenuta. Sono allo studio materiali ceramici per questo genere di camicie,

TESTA O TESTATA DEI CILINDRI

E' la parte del motore che chiude superiormente i cilindri. La sua forma dipende da molti elementi, ma in maggior misura, dalla foggia della camera di combustione, dal numero e dalla posizione delle valvole, dalle candele e dal sistema di raffreddamento.
Se il motore è raffreddato ad aria essa è abbondantemente munita di alette. Se il raffreddamento è a liquido, comprende le canalizzazioni nelle quali circola il fluido.
A seconda del tipo di distribuzione adottato, la testa comprende o meno degli alloggiamenti per le guide delle valvole e loro sedi, i collettori di aspirazione e scarico, i castelli per gli alberi a camme e l'equipaggio mobile.
Nella costruzione a monoblocco le teste dei cilindri sono riunite in un'unica fusione denominata testata. La testa può essere in ghisa o in lega leggera. Quest'ultima oltre a presentare un peso specifico minore e una migliore conduttività termica, consente l'adozione di rapporti di compressione più elevati.
E' di uso corrente, nei motori terrestri, l'interposizione di una guarnizione metallo-plastica di tenuta, in rame ed amianto tra la testa e l'estremità superiore del cilindro.
Nel caso aeronautico, la testa viene avvitata a caldo sul cilindro senza l'interposizione di guarnizioni, bastando il bloccaggio con l'interferenza sulla filettatura per assicurare la tenuta dei gas.
Esempio di lega per testa cilindro per motore aeronautico raffreddato ad aria:
Cr 2% Ni 1,2% Si 1,9% Fe 1,2%

PISTONE O STANTUFFO



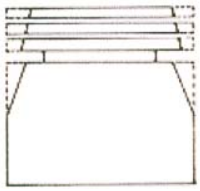
Compiti: aspirazione e compressione del fluido attivo, trasmissione della spinta dei gas alla biella, scarico forzato dei gas combusti, guida del piede di biella. Di forma apparentemente cilindrica, internamente cavo, scorre con moto rettilineo alternativo a perfetta tenuta e leggero attrito all'interno del cilindro tra il PMS ed il PMI.
Esso è articolato al piede di biella mediante lo spinotto le cui estremità sono alloggiate nelle apposite portate disposte nella sua parte interna. La parte superiore del pistone (testa)

sopporta a pressione dei gas, la parte inferiore all'asse dello spinotto (mantello) ha funzione di guida del piede di biella sul cilindro. La parte a diretto contatto coi gas è denominata cielo. Durante il funzionamento il pistone è soggetto a sollecitazione termiche e meccaniche. Mentre queste ultime possono essere calcolate con sufficiente esattezza, per le altre, questo presenta notevoli difficoltà poiché lo stantuffo si dilata in varie misure nelle diverse direzioni, per la presenza delle nervature di rinforzo sul fondo, delle gole dei segmenti delle portate per lo spinotto ecc... Indicativamente, in un motore a ciclo Otto, normalmente sollecitato e funzionante a regime termico normale, la temperatura del ciclo è circa 320° mentre il mantello non supera i 200°. Ne deriva che la testa del pistone subisce una dilatazione termica quasi tripla di quella del suo mantello. E' comprensibile che il rendimento massimo si ottiene quando la superficie esterna del pistone e quella interna del cilindro sono perfettamente coassiali e cilindriche, condizione che occorre garantire a temperatura di regime in presenza delle dilatazioni termiche nelle varie sezioni del componente (temperatura di regime: circa 87° del fluido refrigerante).

Si adottano le seguenti soluzioni:

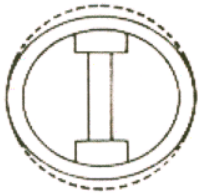
- Stantuffo con testa e mantello troncoconici con diametri crescenti dal cielo al bordo inferiore del mantello.

SEZIONE VERTICALE



- Stantuffo con sezione longitudinale a "botte"

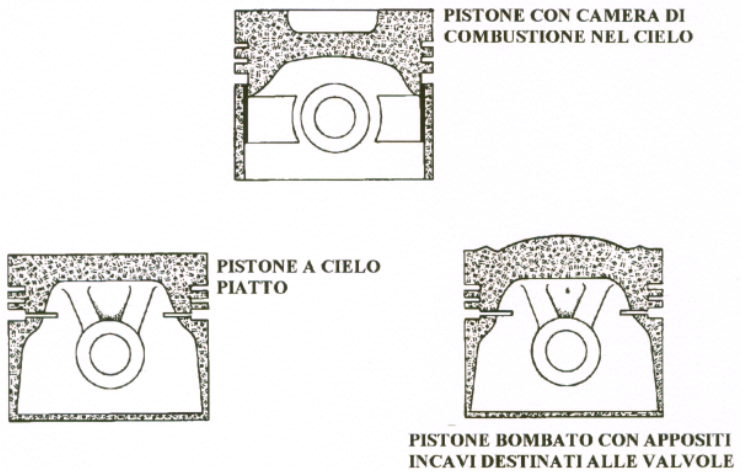
VISTA DALL'ALTO



- Stantuffo con testa cilindrica e mantello ovalizzato su tutta la sua lunghezza: le sezioni trasversali del mantello hanno il minor diametro nel piano comprendente l'asse dello spinotto e l'ovalizzazione è di 0,1 mm. * 100 mm. di diametro della sezione.

E' pratica comune, sfiancare esternamente il pistone in corrispondenza delle portate dello spinotto e nella zona sottostante per ottenere una piccola riserva di lubrificante. La forma del cielo e del pistone dipende dai seguenti fattori: tipo di motore, rapporto

di compressione, forma della camera di combustione, posizione delle valvole; può essere:
piana, concava, convessa, sferica, troncoconica (figura sotto);



può essere provvista di deflettori (motore a due tempi).
Nei motori Diesel a iniezione diretta, contiene la camera di combustione.
Per contenere il peso, lo spessore della testa risulta limitato e si preferisce dotare la stessa di opportune nervature all'interno per conferirle la necessaria resistenza alla pressione.
La presenza delle nervature, aumentando la superficie radiante, facilita il raffreddamento della stessa. Per migliorare la guida del piede di biella nella canna cilindro, la lunghezza dello stantuffo è circa 1.1-1.4 il suo diametro medio (motori terrestri).
Risulta cosi ridotta la pressione specifica sul mantello, ottenendo una minor usura del complesso.
Nei motori aeronautici, la lunghezza del pistone risulta di circa 0.6-0.7 dm. poiché si preferisce rinunciare a gran parte o anche a tutto il mantello per ottenere una maggior leggerezza del componente.

MATERIALI:

A causa delle elevate temperature raggiunte nella camera di combustione, sarebbe necessario costruire lo stantuffo in leghe aventi basso coefficiente di dilatazione termica.
Mentre in passato i pistoni erano realizzati in ghisa ed acciaio, ora sono esclusivamente in lega leggera che, pur dilatandosi in maggior misura della ghisa e dell'acciaio e richiedendo quindi maggiori tolleranze fra pistone e cilindro, presenta i seguenti vantaggi:

- Maggior coefficiente di trasmissione termica (raffreddamento più rapido) e di conseguenza possibilità di rapporti di compressione più elevati, maggiore potenza specifica.

- Minor coefficiente d'attrito tra cilindro e stantuffo che equivale ad un maggior rendimento meccanico del motore (+10%N).

- Minor peso delle masse dotate di moto alternativo e quindi limitazione delle forze d'inerzia.
- Minor incrostazioni nella camera di combustione.

Per ridurre i giochi eccessivi tra pistone e cilindro, che nel funzionamento a freddo generano caratteristici battiti, è molto usati il sistema di praticare un taglio inclinato nel mantello che, risultando elastico, compensa le variazioni di temperatura.
Esempio di lega per stantuffi di motori molto sollecitati:
KAL 3210 - MAHLE 124
Cu 1.04S112,8 Mg 1,2 Fe 0,5 Ni 0,88 Mn 0,08
Fusa in conchiglia presenta le seguenti caratteristiche:

R = 210 N/mm^2 E = 75000 N/mm^2 HB =110

La stessa lega trattata e stampata presenta le seguenti caratteristiche:

R = 330 N/mm^2 E = 75000 N/mm^2 HB = 120

Massa volumica: 2,66 Kg/dm^3
Temperatura di colata 730°C
Ritiro 1,2%

Sono ottenuti per stampaggio i pistoni aeronautici e per Diesel veloci; fusi in conchiglia per motori terrestri a ciclo Otto.
Per la finitura della superficie esterna (testa e mantello) si ricorre alla rettifica o alla diamantatura ad alta velocità, va estendendosi il trattamento anodico con il quale la superficie viene rivestita dall' ossido di alluminio di durezza molto superiore alla lega costituente.
Altro procedimento è la stagnatura elettrolitica del mantello con la quale si effettua un rivestimento di stagno che facilita l'adattamento iniziale fra pistone e cilindro (rodaggio).

SEGMENTI

Vengono inseriti nelle apposite cave praticate esternamente sulla testa del pistone. Assicurano la tenuta dei gas in pressione sul cilindro ed Impediscono al lubrificante di passare nella camera di combustione e di aderire in strati troppo spessi alle pareti del cilindro.
Il verificarsi di questi inconvenienti infatti provocherebbe la combustione ed un consumo eccessivo di olio, incrostazioni e depositi con un aumento del rapporto di compressione e rischio di detonazione della miscela aria-benzina. Un'altra funzione è quella di trasmettere al cilindro parte del calore-assorbito dallo stantuffo.

Si distinguono in base alla loro funzione in:

- Segmenti di tenuta alla pressione
  Sono i più prossimi alla camera di combustione, di sezione rettangolare od a L, tagliati normalmente, obliquamente o a baionetta.

- Segmenti raschia-olio
  Collocati successivamente a quelli di tenuta, hanno il compito di asportare dalle pareti del cilindro il lubrificante in eccesso che vi si deposita durante le corse di compressione e scarico. Hanno sezione trapezoidale o a unghia.

- Segmenti raccogli-olio
  Successivi ai raschia olio, hanno sezione a C o altra forma similare e dispongono di apposite cave o fori sul fondo, atti a riportare all'interno del pistone, anch'esso forato in corrispondenza, il lubrificante asportato dai raschia olio. Vengono talvolta provvisti di mollette a lamina o elicoidali, poste tra il fondo della cava ed il segmento che lo spingono ad aderire alle pareti del cilindro.

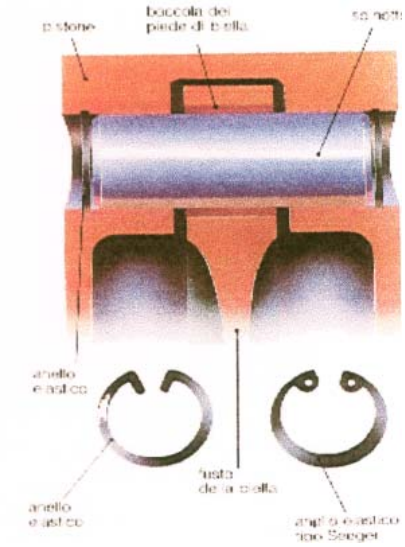
MATERIALE

Vengono utilizzate ghise al Si o al Ni-Cr. Ghise grigie a grana fine o ghise centrifugate. I segmenti possono essere in acciaio al Ni-Cr, ma in questo caso il cilindro o la camicia devono essere in ghisa per evitare il fenomeno dell'ingranamento dei materiali. I segmenti sono ricavati da tubi dei materiali suddetti e dopo aver subito le operazioni di sgrossatura e tornitura vengono infilati su speciali mandrini, dove sono torniti all'interno e rettificati all'esterno. Per ottenere una maggior durezza superficiale, vengono fusi uno ad uno; al fine di ottenere un rapido adattamento al cilindro, la rettifica esterna è stata sostituita da una tornitura In questo modo la leggera rugosità lasciata dall'utensile del tornio sparisce dopo un breve periodo di funzionamento del motore (rodaggio) ed il segmento aderisce in ogni sua parte al cilindro. Durante il montaggio è necessario che i tagli non risultino sulla stessa generatrice, ma sfalsati di n gradi = 360/n segmenti. Tra la scanalatura sul pistone ed il segmento deve essere compresa una tolleranza variabile da 0,05 a 1,00 mm. che raggiunge 10,2 mm. per i segmenti più prossimi alla camera di combustione. Il numero dei segmenti varia da 1 a 2 (motori A. S. a due tempi) a 3, 4 o più nei motori A.S. a quattro tempi. In numero di due o tre sono generalmente applicati sulla testa dello stantuffo, mentre i primi servono per la tenuta dei gas in pressione sul ciclo del pistone, i successivi sono raschia-olio e raccogli-olio. Un altro raschia-olio può essere utilizzato come guida per il cilindro e per la tenuta al lubrificante e per la stessa ragione i segmenti raccogli-olio vengono collocati immediatamente prima e dopo lo spinotto. Oltre a questo, il pistone può presentare al di sotto dei segmenti vari fori di alleggerimento. I segmenti aperti hanno un diametro maggiore di quello del cilindro, chiusi ed introdotti nello stesso assumono un diametro equivalente all'alesaggio. Tra i bordi del taglio a 20°C deve essere compresa una tolleranza variabile da 0,2 a 0,4 mm. a seconda del diametro. Una tolleranza minore, essendo la

dilatazione termica del segmento elevata, porterebbe i due estremi a toccarsi e successivamente a forzare il segmento sul cilindro con notevole attrito e successivo riscaldamento determinando un'usura precoce del motore o nei casi peggiori il grippaggio del pistone sul cilindro. Una tolleranza troppo elevata sarebbe causa di perdite di compressione e quindi di lavoro utile, trafilamenti di lubrificante nella camera di combustione con i gravi inconvenienti che ne derivano. Nella sostituzione occorre considerare il peso del complesso pistone-segmenti per evitare l'incremento delle forze d'inerzia durante il funzionamento.

SPINOTTO

Collega il pistone al piede di biella con l'interposizione di cuscinetti a strisciamento (bronzine) o a rulli (Fig. sotto).



Realizzato in acciaio cementato, temprato e rettificato, è cavo per l'alleggerimento. L'articolazione pistone-piede di biella può essere realizzata nei seguenti modi:

- Spinotto montato con interferenza sulle portate del pistone e oscillante sul piede di biella.
- Spinotto montato con interferenza sul piede di biella e oscillante sulle portate del pistone (cuscinetti sulle portate stesse).
- Spinotto libero di oscillare sia sul piede di biella sia sulle portate del pistone (cuscinetti in entrambi i luoghi).

Per evitare lo spostamento assiale dello spinotto il pistone è munito di anelli elastici alle estremità dello spinotto montati entro cavità ricavate nelle portate (seeger) o di tappi di alluminio, spine a vite, viti montate internamente sulle portate.

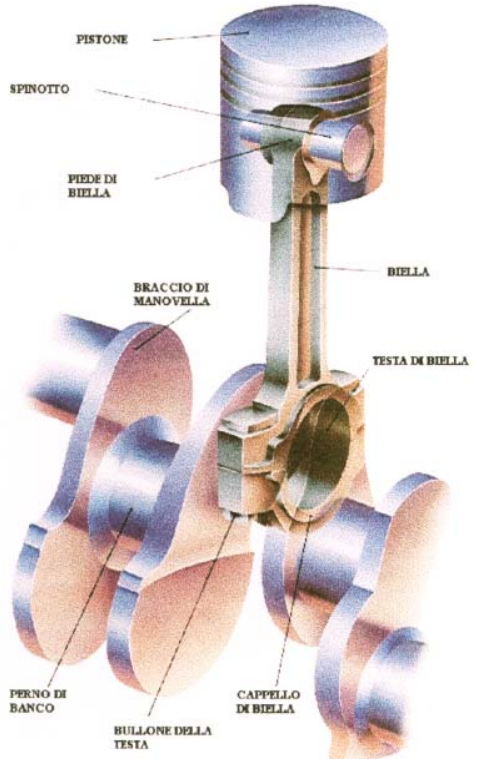
CUSCINETTI DEL MECCANISMO PISTONE-BIELLA-MANOVELLA E DEI SUPPORTI DI BANCO

Tra lo spinotto ed il piede di biella, montati con interferenza sul piede, si trovano solitamente cuscinetti a strisciamento (bronzine) realizzati in bronzo e sue leghe. Le bronzine, come tutti i cuscinetti a strisciamento in materiali antifrizione, vengono adottate perché essendo di più facile sostituzione debbono potersi logorare prima dei perni; spesso vengono sostituite per il piede di biella da cuscinetti a rulli.

MATERIALI

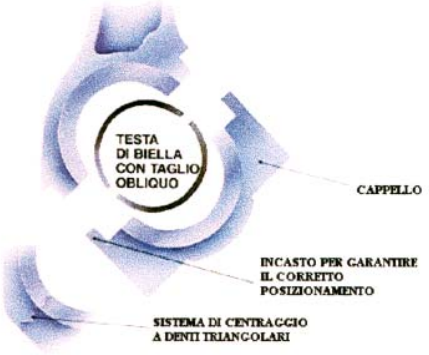
Le bronzine vengono ricavate da getti con tenori di Sn compresi tra il 12 e il 20%. La presenza eccessiva di Pb <_ 0,25% è favorevole in quanto incrementa la durezza Leghe di bronzo con il 14% di Sn vengono usate per cuscinetti molto sollecitati. Leghe con il 20% di Sn possono essere utilizzate per carichi molto elevai, M4 per la loro fragilità lo sono solo per cuscinetti statici. Analogamente che per il piede di biella, sulla testa di biella si trova una bronzina lamellare costituita da due strati, urlo esterno in lega di Sn-Cu-Sb (temperatura di fusione 250-280°C). Venendo a mancare la lubrificazione, la sua fusione per attrito generando un sensibile gioco tra la tese pii biella ed il secondo strato della bronzina a diretto contatto col perno di manovella origina un forte battimento, sufficiente a dare l'avviso e prevenire più gravi danni al motore, prima della fusione del secondo strato costituito da una lega di Sn-Zn-Sb e piccole quantità di Cu (metallo bianco antifrizione, temperatura di fusione 300360°C). Lo scopo del metallo antifrizione nei cuscinetti è di ridurre gli attriti nei punti di contatto dove si raggiungono temperature molto elevate. Le bronzine possono essere provviste di scanalature elicoidali o a X per il contenimento e la distribuzione del lubrificante. In alcuni motori aeronautici, in passato, è stata impiegata con successo una lega antifrizione denominata metallo rosa, costituita da elevate % di Pb e Cu aventi caratteristiche di maggior durata e resistenza alle criccature. Lo stesso tipo di cuscinetto utilizzato per la testa di biella è usato anche per i supporti di banco. A volte la lega è ricoperta da un sottile strato di Indio. Resta possibile l'applicazione di cuscinetti a rulli per il piede e la testa di biella ed i supporti di banco, a sfere per la sola testa ed il supporto di banco.

BIELLA



Unisce il pistone all'albero motore. Con l'ausilio della manovella trasforma il moto rettilineo alternativo dello stantuffo in moto rotatorio dell'albero motore. Si distingue in: testa, fusto, piede. Il piede di biella si articola allo spinotto con interposizione di cuscinetto, la cui funzione è di diminuire gli attriti nell'oscillazione relativa. La testa ruota sempre con l'interposizione di cuscinetti sul perno di manovella dell'albero motore. Il fusto unisce il piede alla testa di biella. Se gli assi di rotazione sul piede di biella (asse dello spinotto) e della sua testa (asse del perno di manovella) non sono rigorosamente paralleli fra loro e perpendicolari all'asse del cilindro, si produce la rapida usura dello stesso. La lunghezza della biella, distanza fra gli assi del piede e della testa, è compresa tra 1,6-2,3 la corsa. Poiché la corsa C è il doppio del braccio di manovella, la lunghezza di biella

risulta circa quattro raggi di manovella. Nelle bielle corte può essere adottata una sezione resistente ridotta, la biella risulta allora più leggera. Per necessità di montaggio, la testa di biella può essere suddivisa in due parti unite per mezzo di prigionieri (figura sotto),



in questo caso, con l'albero motore in un pezzo unico, anche la bronzina lamellare in metallo bianco antifrizione, risulterà divisa in due parti (gusci). La parte inferiore della testa di biella è denominata cappello o cappellotto di biella. L'intera testa può essere costituita in un sol pezzo qualora l'albero motore sia scomponibile nelle varie parti. Il fusto di biella è sollecitato a trazione durante la fase di aspirazione; durante le altri fasi esso lavora a compressione dovuta alla spinta dei gas, a trazione e flessione dovute alle forze d'inerzia di massa che sono tanto più elevate quanto maggiore è il peso della biella.

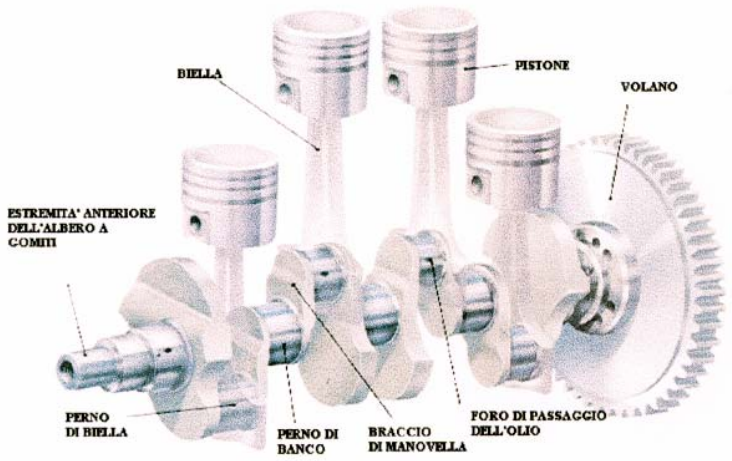
MA TERIALE.

Realizzata in acciaio al Ni-Cr ad alta resilienza e con minimo coefficiente di dilatazione per evitare un eccessivo aumento dei giochi sulle tolleranze e sui perni. La sezione universalmente adottata è il doppio T raramente e circolare per motori A.C. lenti. Il calcolo della sezione resistente può essere fatto a carico di punta e la biella è molto lunga o considerando la sola sollecitazione di compressione. La forma più razionale del fusto sarebbe quella con sezione massima centrale e sezioni minori alle estremità. La difficoltà di tale realizzazione è notevole, per cui il fusto è realizzato con sezione costante o decrescente dalla testa verso il piede raccordato agli estremi. Nel caso di motori a V o a W o contrapposti in cui due bielle sì articolano sullo stesso perno di manovella, si può adottare l'imbiellaggio a forchetta che consente la coassialità tra i cilindri opposti con tutti i vantaggi derivanti, oppure a biella madre-bielletta (motori stellari). L'impiego di bielle in lega leggera, ottime per ridurre il peso delle masse dotate di moto alternativo e le relative forze d'inerzia, cause di squilibri e di ostacolo al raggiungimento di alti regimi di rotazione, non hanno dato risultati soddisfacenti.

Esempio di lega per bielle molto sollecitate:
Acciaio al Ni-Cr-Mo
C = 0,37 Si = 0,40 Mn = 0,50 Cr = 0,60 Ni =1, 60

Mo = 0,20	P max 0,035	S max 0,035	P+S max 0,060
Normalizzazione	Ricottura		
Tempra	Rinvenimento		
R=100-115	K=9	HB=240	

ALBERO MOTORE



Componente essenziale dei motori endotermici alternativi, trasforma con l'intervento di una o più bielle il moto rettilineo alternativo del pistone in moto rotatorio.
Esso comprende:

- I perni di banco rotanti sui supporti di banco.
- I perni di manovella su cui ruotano le teste di biella.
- I bracci di manovella o maschette che uniscono i perni di banco ai perni di manovella.

La rotazione dei perni, sia di banco che di manovella, avviene solitamente con l'interposizione di cuscinetti a strisciamento (bronzina lamellare in metallo bianco antifrizione). E' possibile l'adozione, in sostituzione delle suddette bronzine, di cuscinetti a sfere o a rulli per i supporti di banco quando l'albero motore sia stato stampato in un solo pezzo e disponga di soli due perni di banco alle estremità (motori mono o bicilindrici o stellari), oppure, nel caso sia scomponibile nelle varie parti, diventa quindi possibile il montaggio di cuscinetti a sfera o a rulli sia sui perni di banco che sui perni di manovella. I bracci di manovella sono solitamente muniti alle estremità inferiori di contrappesi al fine di equilibrare le forze centrifughe della manovella e alterne delle forze d'inerzia della biella ad essa collegata. Viene denominato raggio di manovella la distanza tra l'asse del perno di banco e l'asse del perno di manovella e corrisponde alla metà della corsa (distanza tra il PMS ed il PMI).

L'albero motore viene forato per canalizzazioni interne destinate ad assicurare la lubrificazione dei perni rotanti. Per l'alto regime di rotazione e per le notevoli sollecitazioni meccaniche a cui è sottoposto, esso deve presentare caratteristiche di grande rigidità e resistenza torsionale e flessionale.
La sua costruzione deve essere quindi molto accurata, così come la sua equilibratura dinamica, per evitare il sorgere di forze d'inerzia e centrifughe anomale, che sono causa di vibrazioni e sollecitazioni interne sull'albero motore ed impediscono il raggiungimento di un numero di giri elevato. Alle estremità dell'albero possono venire accoppiati, anteriormente nei motori terrestri, i sistemi di comando dell'albero a camme e altri dispositivi che dall'albero motore traggono il moto (generatori, ventilatori, pompa del refrigerante, ecc.).
Nei motori aeronautici anteriormente viene accoppiato il riduttore, oppure direttamente il mozzo dell'elica. Alle estremità posteriori, nei motori terrestri, troviamo il volano e i dispositivi d'avviamento che si innestano su di esso. Nei motori aeronautici posteriormente troviamo i comandi per l'albero a camme, i magneti per l'accensione e le pompe di lubrificazione.

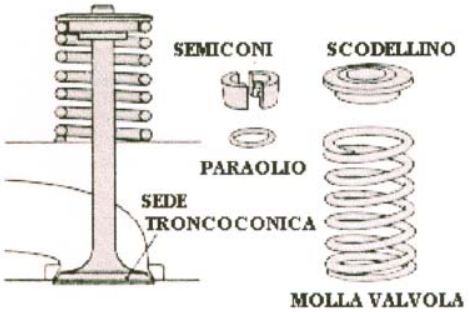
MATERIALI.

È costruito inizialmente in acciaio dì elevata durezza, temprato, cementato e successivamente rettificato. Attualmente è realizzato con acciaio o lega di acciaio di durezza inferiore, che permettono una rettifica meno onerosa. Acciai al Ni-Cr o al CrMo. Stampato o forgiato, dopo i relativi trattamenti termici, viene eseguita una rettifica sui perni con una tolleranza non superiore a 0,02 mm. La forma dell'albero motore è condizionata dal numero dei supporti di banco, dal numero dei cilindri e dalla loro disposizione, di sistemi di imbiellaggio, dalle esigenze di equilibramento.

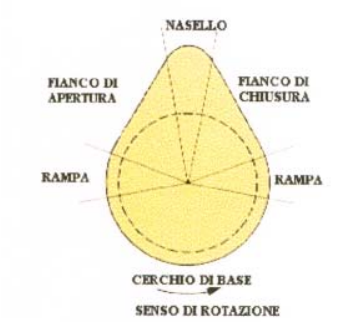
Esempio di materiali per l'albero motore temprato e ricotto:
a 3% Cr 1,2% Ni 5% Mn 0,7% S 0,35%

ALBERO A CAMME O DELLA DISTRIBUZIONE

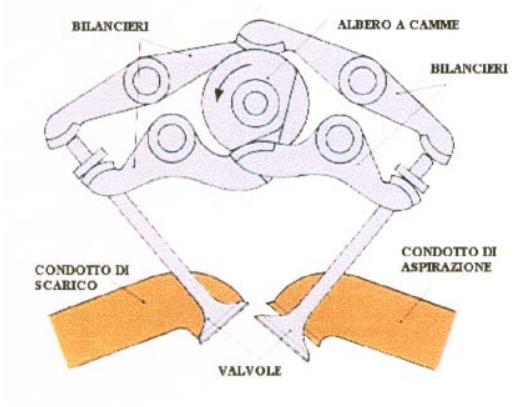
Si definisce camma un particolare eccentrico ricavato sull'albero della distribuzione, atto a trasformare il moto rotativo dell'albero in moto alternato delle valvole di aspirazione e scarico. Le valvole vengono solitamente mantenute chiuse da molle elicoidali o a spillo (figura sotto) e vengono aperte dalla rispettiva camma per effettuare le fasi di aspirazione e scarico sia del motore



A.S. che del motore A.C. II profilo della camma esercita una notevole influenza sul moto della valvola, sul valore della sua alzata, sulla velocità istantanea ed accelerazione. Esso è costituito dal "cerchio di base", (corrispondente al periodo di chiusura della valvola) dal "cerchio di testa", (corrispondente al periodo di alzata max) e dai due tratti di unione dei suddetti cerchi (fianchi o rampe di raccordo).



Il cerchio di testa può avere o meno lo stesso centro di quello di base. Se l'organo a diretto contatto con la camma è una punteria a superficie piatta (punteria a piattello), le rampe di raccordo dei centri sono solitamente convesse. Se la camma è invece a contatto con punterie a rullo, bilancieri, pattini, il suo profilo comprende due fianchi rettilinei. Durante l'intervallo in cui l'accelerazione è positiva, le forze d'inerzia dovute alla massa dell'equipaggio mobile o della stessa valvola, tentano di opporsi al moto impresso dalla camma, aumentando il carico sulla stessa e sull'albero. Durante l'intervallo in cui l'accelerazione è negativa, le medesime forze tendono a staccare il complesso della punteria dal profilo della camma. Per ovviare a questo inconveniente, le molle di chiusura devono essere dimensionate per impedire questo temporaneo distacco che causa un'inammissibile modifica del diagramma della distribuzione. Il fenomeno che si verifica comunque oltre un certo regime di rotazione dato che il tempo necessario per effettuare la chiusura della valvola sotto l'azione della molla rimane costante per qualunque velocità di rotazione dell'albero a camme, dato che avviene sotto l'azione di una molla di forza costante non proporzionale al n° di giri del motore. E' possibile superare questo handicap comandando meccanicamente oltre all'apertura anche la chiusura della valvola mediante un nuovo albero a camme limitando o sopprimendo l'azione della molla che può essere mantenuta con la sola funzione di ammortizzatore. Tale realizzazione, denominata "desmodromica"(figura sotto)

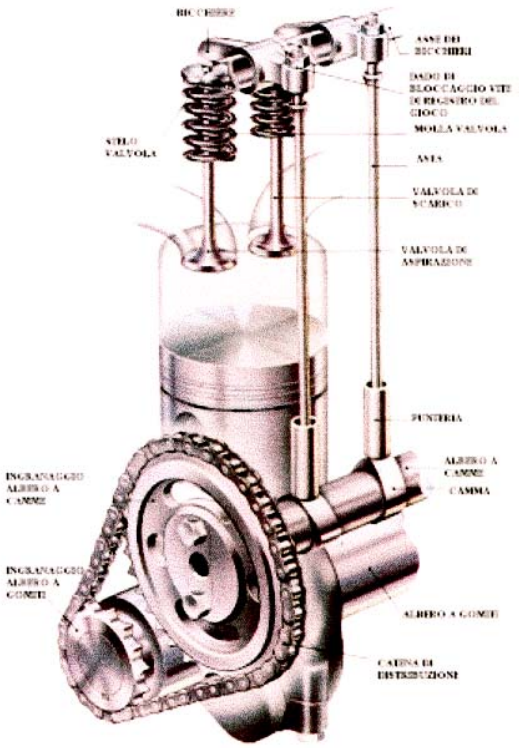


a causa dell'ulteriore complicazione realizzativa che introduce, trova applicazioni limitate a particolari motori ad elevate prestazioni.

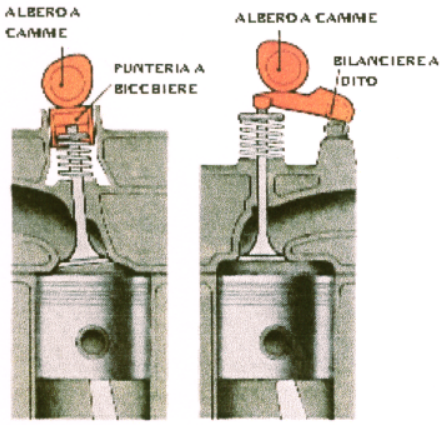
Sistemi di distribuzione più adottati.

- Distribuzione a valvole laterali.
  L'albero a camme è posto nel basamento, lateralmente all'albero motore, valvole disposte nel basamento del cilindro comandate direttamente dall'albero tramite punteria a piattello o a rullo.

- Distribuzione a valvole in testa, aste e bilancieri.
  Albero a camme posto nel basamento lateralmente all'albero motore; valvole in testa, aste e bilancieri; punteria a piattello o a rullo.

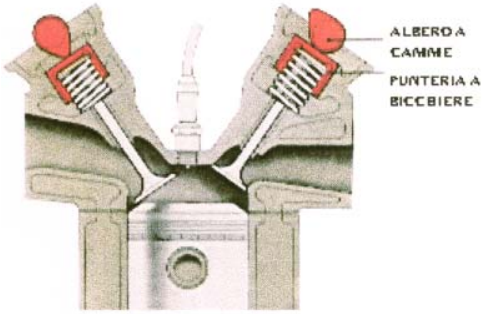


- Distribuzione monoalbero a camme in testa.

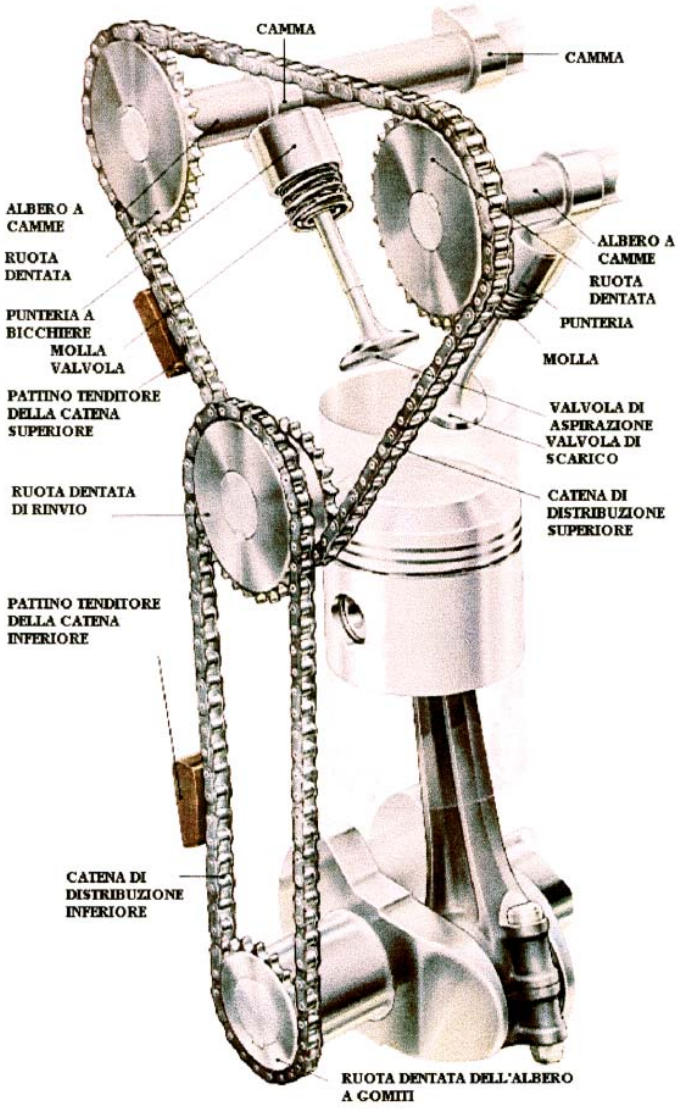


Albero a camme posto sulla testa o testata dei cilindri; valvole in testa comandate direttamente dall'albero con punteria a bicchiere (valvole parallele) o mediante bilancieri (camera di combustione semisferica con candela al centro fra due valvole).

- Distribuzione bialbero a camme in testa.



Due alberi a camme posti sulla testa o testata dei cilindri; valvole in testa comandate separatamente da un albero (valvola aspirazione) e dall'altro (valvola scarico). (Camera di combustione semisferica, con candela al centro fra due valvole).



Sistemi di comando dell'albero a camme.

- Singola o doppia catena silenziosa
- Ingranaggi a cascata sia a denti diritti o elicoidali
- Alberi di rinvio con coppie coniche elicoidali.
- Cinghia dentata (Isoran)

Quando esiste la catena o la cinghia deve essere previsto un dispositivo tenditore, Ogni valvola deve effettuare una apertura per ciclo compiuto (2 giri albero motore 72°). Per questo motivo la velocità di rotazione dell'albero a camme risulta 1\2 velocità dell'albero motore. L'albero della distribuzione sopporta notevoli

sollecitazioni (flessione, taglio, torsione) che sono massime nell'istante di apertura delle valvole di scarico e per questo motivo viene surdimensionato e sostenuto da numerosi supporti di banco a breve distanza uno dall'altro per evitare un'eccessiva freccia d'inflessione che influirebbe negativamente sul corretto funzionamento delle valvole. La lubrificazione dei perni è assicurata con canalizzazioni in pressione derivate dai supporti di banco dell'albero motore. In motori convenzionali l'albero a camme porta l'eccentrico per il comando della pompa di alimentazione, se meccanica, a membrana e l'ingranaggio per il comando dell'albero dello spinterogeno e della ruota motrice della pompa dì lubrificazione. La superficie della camma deve presentare una grande resistenza all'usura (viene cementata o nitrurata); un consumo anormale del profilo della camma provocherebbe una modifica dei valori di alzata della valvola influendo negativamente sul funzionamento del motore.

VALVOLE

Le valvole dei motori endotermici alternativi hanno la funzione dì aprire e chiudere le luci attraverso le quali in ogni cilindro si effettuano le fasi dia spirazione (valvola aspirazione) della miscela aria-combustibile nei motori A.S, o dell'aria nei motori A.C.; in entrambi i motori, lo scarico dei gas combusti (valvola scarico). Nella valvola si distinguono:

- II cielo a diretto contatto con i gas di combustione
- La testa generalmente tronco-conica raccordata allo stelo. L'angolo della superficie tronco-conica è di circa 45°, ma può essere ridotto a 30°, quando si vuole a parità di alzata un passaggio più ampio per la miscela gassosa.
- Lo stelo scorre in apposita guida (lega bronzo al fosforo) montato a caldo sulla testa del cilindro (valvole in testa) o nel basamento (valvole laterali).

La valvola viene mantenuta in posizione di chiusura da molle elicoidali o a spillo disposte intorno alla guida (elicoidali) e tra la testa cilindro e lo scodellino della valvola stessa: All'interno della molla di chiusura, di diametro inferiore ed elica inversa, possono trovarsi una o più molle destinate ad evitare durante il funzionamento l'insorgere di fenomeni di risonanza, che potrebbero portare alla rottura a fatica dello stelo. Come le guide, anche le sedi delle valvole ,vengono riportate a caldo sulla testa del cilindro. Le valvole sono sottoposte a ripetuti urti contro le rispettive sedi e sono quindi costituite da leghe ad elevata resilienza, limitato è il coefficiente di dilatazione termica, elevata la resistenza alla deformazione sotto l'azione dell'elevata temperatura presente nella camera di combustione, Per questo motivo le valvole di scarico che possono raggiungere gli 800°C vengono realizzate in leghe di acciaio al Ni Cr o in acciaio austenitico Ni Cr.
In alcuni casi sulla corona di contatto valvola-sede si attua un rivestimento di stellite, lega in grado di conservare la propria durezza anche ad elevata temperatura. Per ottenere un miglior raffreddamento delle valvole di scarico che sono le più sollecitate

termicamente, si possono adottare valvole aventi lo stelo e la testa cavi, parzialmente riempiti di sodio metallico o miscela di nitrati di Litio Potassio, entrambi solidi a 20°C, ma liquidi a temperatura di regime. Per effetto del moto alternato della valvola e della sua inerzia, il liquido scorre all'interno della valvola trasportando il calore accumulato sulla testa lungo lo stelo dove viene poi ceduto alla guida e da essa all'esterno della testa.
La valvola d'aspirazione è termicamente sollecitata in misura inferiore di quella di scarico, essendo inoltre raffreddata dal passaggio della miscela fresca proveniente dal carburatore. Può quindi essere costruita in lega meno pregiata (acciai con minor tenore di Ni Cr) e può esporre al calore un cielo di maggior diametro aumentando la quantità di miscela o d'aria introdotta nel cilindro durante l'aspirazione.
Le sedi della valvola vengono realizzate in ghisa al Ni Cr o in acciaio rapido anch'esse con riporto di stellite.
Ogni cilindro dispone di almeno due valvole, una di aspirazione e una di scarico.
Allo scopo di aumentare il riempimento del cilindro (valvola aspirazione) ed il suo svuotamento (valvola di scarico), è opportuno disporre di valvole di grande diametro che però presentano difficoltà di raffreddamento molto grandi; infatti le valvole, in particolare quelle di scarico, funzionano in condizioni di elevatissime temperature ripartite molto disegualmente nelle varie sezioni, essendo le possibilità di refrigerazione limitate alla breve zona di contattò con la sede ed alla guida dello stelo. Le valvole sono di conseguenza soggette a deformazioni per diseguali dilatazioni termiche che possono determinare un'imperfetta tenuta delle valvole sulle loro sedi che a sua volta determina fughe di gas incandescenti scarico che, in breve tempo, corrodono completamente il complesso valvola-sede causando caratteristiche anomalie di funzionamento quali: ritorni di fiamma ai carburatori, combustione e scoppio nei collettori-silenziatori di scarico, notevoli perdite di compressione e quindi di lavoro estraibile dal ciclo.
E' possibile mantenere un soddisfacente riempimento del cilindro evitando alle valvole eccessive dilatazioni termiche, con le conseguenze suddette, adottando quattro valvole per cilindro (due aspirazione e due scarico) limitando così il diametro del loro cielo.

DESCRIZIONE DI UN IMPIANTO DI LUBRIFICAZIONE

La lubrificazione del motore viene effettuata mediante olio lubrificante messo in circolazione da pompe azionate dal motore.
Gli scopi della lubrificazione sono:

- ridurre le resistenze di attrito fra gli organi in moto relativo (ed aumentare quindi il rendimento meccanico),
- asportare calore dagli organi in modo relativo che, per costituzione, non possono essere sufficientemente raffreddati dall'impianto di raffreddamento normale,
- migliorare la tenuta degli organi in moto (in particolare tra pistoni e cilindri).

Affinchè la lubrificazione sia efficace, è necessario che l'olio raggiunga tutte le parti da lubrificare in quantità sufficiente e che le caratteristiche fisico-chimiche dell'olio

non siano grandemente alterate dalle sollecitazioni meccaniche e termiche alle quali sono sottoposti gli organi del motore.
Per contro, la qualità di olio in circolazione non deve essere eccessiva mente abbondante, in quanto si potrebbe avere un passaggio di olio nelle camere di combustione ed il conseguente deposito di sostanze solide e gommose, dovute alla combustione dell'olio stesso, specie se il motore è alimentato con miscela magra, cioè ricca di ossigeno.
Se la lubrificazione fosse perfetta in tutte le condizioni di funzionamento e su tutti gli organi del motore, non si dovrebbe avere alcuna usura degli organi in moto relativo, in quanto un leggero strato di olio si interpone fra le superfici che dovrebbero essere a contatto diretto fra loro. L'attrito volvente e radente che si avrebbe se gli organi fossero a diretto contatto fra loro, si trasforma in attrito fra le molecole dell'olio stesso. L'impianto di lubrificazione di un motore d'aviazione è essenzialmente costituito da:

- un serbatoio dell'olio;
- un filtro principale di mandata;
- una pompa di mandata ad ingranaggi;
- una o più pompe di recupero;
- un radiatore;
- strumenti di controllo.

Il serbatoio dell'olio è separato dal motore ed è sistemato generalmente dietro al motore stesso.
Sulla superficie superiore del serbatoio è posto un bocchettone per il rifornimento a gravità ed uno sfiato. Nella parte inferiore è posta la tubazione di uscita dell'olio ed un foro di drenaggio del serbatoio stesso. Sulla tubazione di uscita dell'olio è posto un rubinetto che serve per intercettare il flusso di olio al motore in caso di incendio.
Dopo il rubinetto, l'olio arriva sulla pompa di mandata, la quale serve per fornire all'olio una certa pressione necessaria e sufficiente perché l'olio possa raggiungere, in quantità appropriata, tutti gli organi che debbono essere lubrificati.
L'olio, dopo aver lubrificato i vari organi, si raccoglie in un apposito pozzetto dove, mediante le pompe di recupero, perviene al radiatore. Nel radiatore l'olio viene raffreddato e quindi torna nel serbatoio. Per il raffreddamento dell'olio il radiatore sfrutta un flusso di aria esterna, preso in dinamica, il quale viene regolato in quantità tramite un flabello parzializzatore.
Tale flabello può essere comandato dalla cabina piloti mediante un interruttore il duale normalmente può assumere tre posizioni: 'OPEN ",'CLOSED","AUTO". Sulla posizione Auto, l'interruttore seleziona un sistema automatico (termostato), il quale regola l'apertura del flap per mantenere la temperatura dell'olio entro limiti operativi.
Sulla posizione Closed ed Open, l'interruttore azione il flabello rispettivamente in chiusura o in apertura. Generalmente nelle tubazioni di alimentazione della, pompa di mandata e delle pompe di

recupero, sono sistemati dei filtri che servono per trattenere le impurità solide contenute nell'olio. Onde permettere il controllo del funzionamento dell'impianto di lubrificazione, sulla tubazione di mandata della pompa principale è collegato un trasmettitore che alimenta un indicatore di pressione (manometro) posto in cabina piloti.
Su alcuni motori è installato anche un interruttore a pressione che alimenta una luce spia di bassa pressione olio, posta in cabina piloti.
La pressione dell'olio dipende dalla resistenza offerta dal circuito al passaggio dell'olio (e quindi dai giochi esistenti fra gli organi in moto relativo, dai fori di passaggio, dalla lunghezza e dal diametro dei condotti, dalla viscosità dell'olio, dal numero dei giri del motore).
Inoltre, sulle tubazioni di uscita dell'olio dal motore (e talvolta anche sulla tubazione di entrata) è posto un bulbo che alimenta, l'indicatore temperatura-olio, posto in cabina. Se la temperatura dell'olio è anormale, essa può essere regolata variando il flusso di aria che attraversa il radiatore, mediante apposito flabello parzializzatore.
La qualità di olio disponibile per la lubrificazione viene indicata da un indicatore di livello posto direttamente sul serbatoio o in cabina piloti.